

せん断破壊型 RC 梁の疲労強度に及ぼす荷重速度の影響

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○仙波 歩  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 角掛 久雄

1. はじめに

コンクリート構造物は様々な環境にさらされているため、コンクリートの浸漬条件や疲労荷重条件に着目し、せん断補強筋の無い曲げ降伏先行型の RC 梁に対して曲げ・せん断の疲労荷重実験を行ってきた<sup>1)</sup>。その結果、荷重実験の条件（浸漬条件および荷重速度）によって疲労強度が異なることを明らかにした。しかし、疲労荷重により曲げ破壊型もせん断疲労破壊型に移行するようにせん断に対する疲労性状は重要であるが、せん断破壊型の RC 構造物に対する環境条件の一つとなる荷重速度の影響についての研究は少ない<sup>2)</sup>。そのため荷重速度と疲労強度に関する関係性について明確にするには至っていない。そこで、せん断破壊型 RC 梁に対して荷重速度による影響を検討するため、水中、気中環境下での疲労荷重実験を行った。実験は 2 期に分けて行い、1 期ではコンクリートの弾性係数が 15kN/mm<sup>2</sup> と小さい部材、2 期では通常の弾性係数を有する部材で疲労荷重実験を行い、その上で荷重速度の違いが疲労寿命や破壊性状に及ぼす影響について比較・検討を行った。

2. 実験概要

供試体は 1 期、2 期とも同様、矩形断面に引張鉄筋 D13 を 2 本配筋したもので、単純なせん断破壊型となるように、コンクリート標準示方書に基づき耐力比(曲げ耐力/せん断耐力)を 1.7 に設計している。計測点及び供試体の詳細を図-1 に示す。早強コンクリートを用い、供試体の養生は打設翌日に脱型し、室内温度 20℃の養生室にて散水養生を 28 日間行った。その後も同条件化の養生室にて気中で養生した。供試体の材料特性(材齢 28 日)を表-1 に示す。荷重方法はせん断スパン 300mm の 3 点曲げとする。実験変数としては荷重速度による違いを検討するため、1 期では荷重速度を 5Hz、2Hz の 2 パターン、2 期では荷重速度の幅を広げ、5Hz、0.5Hz の 2 パターンとした。荷重振幅幅については、静的荷重実験より得られたせん断終局荷重  $P_s$  を基準にして、 $0.1P_s \sim 0.6P_s$  で実施した。疲労荷重実験は電気油圧サーボ式の疲労実験機(容量 250kN)を用いて行った。なお、水中環境下について、液体は支持点間において試験時のみの部分的な浸漬としている。

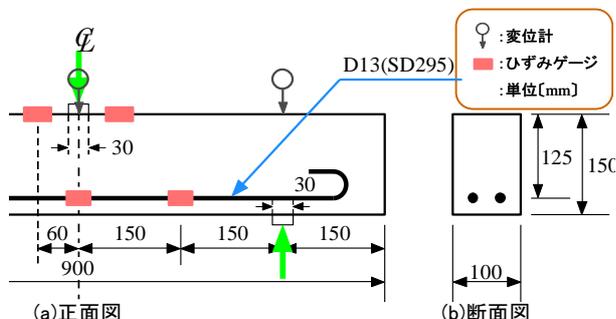


図-1 供試体詳細

表-1 材料特性

	コンクリート(24-12-15)			鉄筋(D13(SD295A))	
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )
1期	23.3	15.1	0.18	204	351
2期	32.0	27.9	0.18	196	348

表-2 実験結果一覧

試験体名	環境条件	荷重比	疲労寿命N(回)	logN	
1期	気中	0.1P <sub>s</sub> ~0.7P <sub>s</sub>	A5Hz-1*	434050	5.64
			A5Hz-2*	5255	3.72
			A2Hz-1*	2,000,000以上	6.30
	水中	0.1P <sub>s</sub> ~0.6P <sub>s</sub>	A2Hz-2*	1578	3.20
			W5Hz-1*	19923	4.30
			W5Hz-2*	4067	3.61
			W2Hz-1*	1061	3.03
W2Hz-2*	19977	4.30			
2期	気中	0.1P <sub>s</sub> ~0.6P <sub>s</sub>	A5Hz-1	294489	5.47
			A0.5Hz-1	482000以上	5.68
	水中	0.1P <sub>s</sub> ~0.6P <sub>s</sub>	W5Hz-1	65806	4.82
			W5Hz-2	13447	4.13
			W5Hz-3	4982	3.70
			W0.5Hz-1	7625	3.88
			W0.5Hz-2	3087	3.49
			W0.5Hz-3	2795	3.45

3. 疲労荷重実験結果

3.1 荷重速度と疲労寿命

実験結果一覧を表-2 に、水中環境下の荷重速度と疲労寿命の関係を図-2 に示す。なお、図-2 には既研究<sup>1)</sup>の曲げ降伏先行型供試体を用いた場合の結果も併せて示す。表より、気中についてはばらつきが大きく、既研究<sup>1)</sup>と同様に疲労寿命に対して荷重速度による影響が見られないという傾向が得られた。図より、曲げ降伏先行型の場合、水中では荷重速度が遅

くなるに従い疲労寿命が短くなる傾向が示されている。せん断破壊型においては弾性係数の小さい1期では水中、気中ともに疲労寿命のばらつきが大きく2体ずつでは明確な違いが得られなかった。2期においてもばらつきはみられたが、0.5Hzにおいては比較的安定した結果が得られ、やや0.5Hzの方は疲労寿命が小さくなる傾向が見られた。ただし、疲労寿命と载荷速度の関係については1期、2期共に、疲労寿命が1万回程度と低サイクル疲労破壊実験となり、そのため、ばらつきによる影響が大きく、疲労寿命について载荷速度の影響があまり見られない結果となった。

### 3.2 ひび割れ進展状況

ひび割れの進展状況図を図-3に示す。代表として2期の水中供試体における各载荷速度ごとの3体での中間の疲労寿命となった2体について示す。1000回目までで载荷速度に関係なく曲げせん断ひび割れが上部付近まで進展し、さらに斜めひび割れが生じていることがわかる。その後、どちらもせん断引張破壊が生じたが、疲労寿命については载荷速度の遅い0.5Hzの方が短くなる結果となった。つまり、水中供試体の斜めひび割れの進展に対しては载荷速度が遅い方が、影響が大きいことがこの結果からも見て取れる。なお、すべての供試体でせん断引張破壊が生じていた。

### 3.3 最大部材角

最大部材角増分と载荷回数との関係を図-4に示す。最大部材角増分とは、各回の繰返し载荷時の最大部材角を1回目の最大部材角からの増分で表したものである。载荷速度の幅の広い2期の結果を示す。100回程度までは载荷速度に関係なく、類似した挙動を示しているが、0.5Hzの方は1部が上下しているが、1000回程度まで線形的な増分をしているが、部材角0.0005以降で、急激に増加が始まっている。一方5Hzの方は100回以降で徐々に増分比率が大きくなっている(曲線的)傾向がみられるが、W5Hz-3を除いて部材角0.001以降でより急激な増分がみられる。この変形の違いは载荷速度の遅い0.5Hzの方がひび割れ内に液体が侵入しやすく、斜めひび割れ面でのせん断抵抗が低減され、より小さな部材角で破壊に至るためであると考えられる。

## 4. 結論

疲労寿命について、1期、2期共に载荷速度による影響が小さい結果となった。その理由として、疲労寿命が1万回程度と低サイクル疲労であることが考えられる。挙動特性については、100~1000回目程度までは载荷速度による影響はあまり見られなかったが、1000回目以降で载荷速度の遅い0.5Hzの方が最大部材角の増加勾配が急になっており、若干ではあるが载荷速度による影響が確認できた。今後の課題として、疲労寿命の長い、高サイクルの疲労载荷実験を行い、载荷速度による影響を検討する必要があると考える。

### 参考文献

- 1) 角掛, 上田, 鬼頭, 大内: 曲げ降伏型無せん断補強筋 RC 梁の疲労寿命に及ぼす载荷条件の影響, コンクリート工学年次論文報告集, 日本コンクリート工学協会, Vol. 34, pp.637-642, 2012
- 2) 藤本, 水河, 佐藤, 上田: 水中における RC はりのせん断疲労性状に及ぼす繰返し载荷速度の影響, 土木学会北海道支部論文報告集, 第54号(A), pp.636-641, 1998

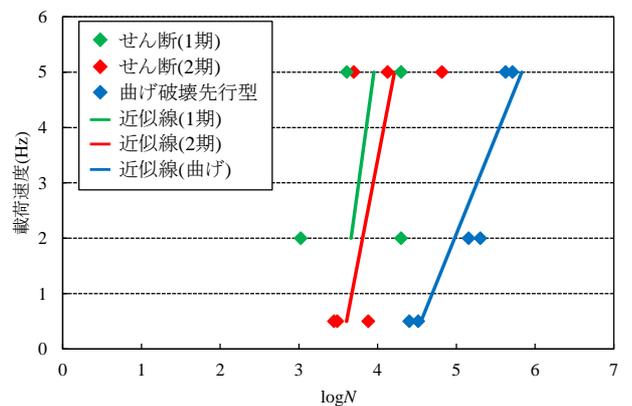


図-2 载荷速度と疲労寿命(水中)

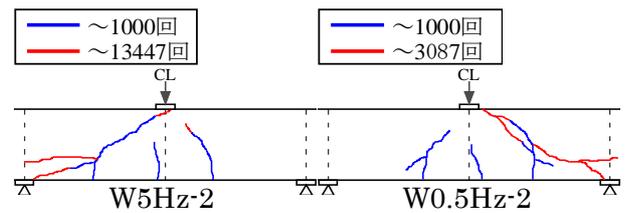


図-3 ひび割れ進展状況図(2期)

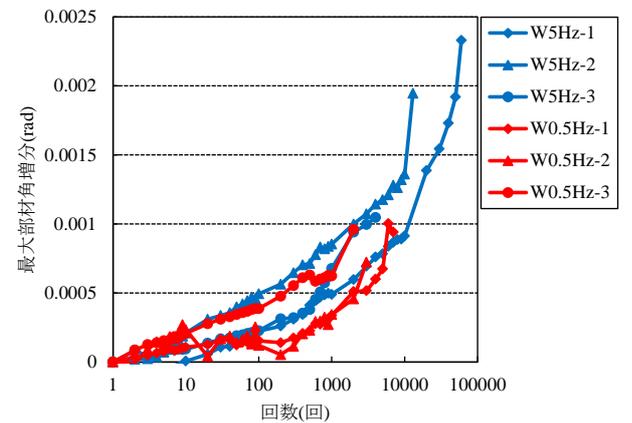


図-4 最大部材角増分と载荷回数(2期)